

بهینه سازی فرآیند تصفیه فاضلاب شهر خلخال

دکتر مرتضی عالیقدر^۱، ویدا پاست^۲

چکیده

زمینه و هدف: تصفیه خانه فاضلاب خلخال با فرآیند لجن فعال از نوع هوادهی گسترده، فاضلاب قسمتی از شهر را با دبی ۴۰-۵۰ l/s تصفیه می کند. عدم راه اندازی حوضچه تغلیظ لجن و کارکرد ۲۴ ساعته ده دستگاه هواده باعث مصرف بیش از حد انرژی و کلر مصرفی در تصفیه خانه شده است. این مطالعه در جهت کاهش هزینه های بهره برداری و بهبود راندمان عملکرد تصفیه خانه فوق در سال ۱۳۸۶ انجام گرفت.

روش کار: مطالعه از نوع مقطعی بوده و جهت پایش فرآیند فوق از شاخص بصری (رنگ لجن، پسو، کف، رشد جلبکی، الگوهای پخش هواده ها و ...) و شاخص آزمایشی (اکسیژن محلول، BOD_5 ، COD ، دما، pH و ...) استفاده گردید. نتایج: رنگ تیره لجن، بوی متعفن آن، وجود کف در حوض های هوادهی و ته نشینی، کارکرد بیش از حد نیاز هواده ها در بعضی از روزها، وجود حباب در حوض ته نشینی، عدم کنترل لجن برگشتی و دفعی و نسبت $\frac{F}{M}$ ، مصرف بیش از حد کلر جهت گندزدایی پساب، از مهمترین معایب عملکرد تصفیه خانه فوق بود.

نتیجه گیری: بعضی از شاخص های بهره برداری از تصفیه خانه فاضلاب خلخال با استانداردهای موجود مطابقت نداشته و نیاز به بهره برداری مناسب دارد.

واژگان کلیدی: لجن فعال، فاضلاب، خلخال

مقدمه

فرآیندهای بیولوژیکی از مهمترین فرآیندهای مورد استفاده در اکثر تصفیه خانه های فاضلاب شهری می باشد. فرایند لجن فعال (*Activated Sludge Process*) یکی از متداول ترین و مسوثرترین سیستم های تصفیه فاضلاب در سراسر دنیا ست. این فرآیند شامل زندگی میکروارگانیسم ها همراه ماده آلی در یک محیط غنی از اکسیژن (هوازی) است. شیوه های متعددی برای فرآیند لجن فعال وجود دارد.

از متداول ترین روش های مورد استفاده در دنیا جهت فرآیند لجن فعال، روش اختلاط کامل است. در این روش فاضلاب ورودی بلافاصله با اکسیژن و باکتری های درون حوضچه هوادهی مخلوط می شود. جهت تصفیه فاضلاب شهر خلخال با توجه به موقعیت و شرایط اقلیمی از فرآیند بیولوژیکی از نوع لجن فعال به روش هوادهی گسترده با نیتروژنیکاسیون کامل استفاده شده است. فاکتورهای مؤثر در کارکرد فرآیند لجن فعال عبارتند از: شدت آلودگی فاضلاب خام، مواد غذایی، اکسیژن محلول، زمان ماند هیدرولیکی، pH سمیت، دما، اختلاط و هیدرولیک

۱. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت

دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

۲. دانشجوی رشته بهداشت محیط

چگونگی وضعیت لجن باشد، به طوری که رنگ لجن هوازی، قهوه ای شکلاتی و رنگ لجن غیر هوازی و گندیده، تیره (سیاه) می باشد. به نظر می رسد علت تیرگی رنگ لجن در تصفیه خانه فاضلاب خلخال نرسیدن هوای کافی به لجن هاست.

۲- بو: بررسی بو در تصفیه خانه فاضلاب خلخال در حوض هوادهی (مایع مخلوط *Liquor Mixed*) و لجن تولیدی انجام گرفت. نمونه های حوض هوادهی اکثراً با بوی کپک زدگی همراه بود و این امر به منزله کارکرد خوب حوض هوادهی می باشد. در عوض لجن های تولیدی متعفن و نشان از بی هوازی شدن سیستم بود.

۳- کف: وجود کف و انواع آن در قسمت های مختلف تصفیه خانه (حوض هوادهی، حوض ته نشینی و پساب) قابل بررسی است. به طوری که کف سفید موج دار در پساب نشان دهنده غلظت زیاد مواد جامد معلق، کف روشن موج دار در حوض هوادهی نشان از جوان بودن سن لجن و کاهش دفع آن و کف ضخیم تیره، شاخص لجن کهنه می باشد که دفع آن باید افزایش یابد. در مشاهدات انجام گرفته وجود کف متفاوت بوده و این شاخص نیاز به بررسی بیشتر دارد.

۴- رشد جلبکی: رشد بیش از اندازه جلبکها روی دیواره های حوضچه ها و سرریزها نشان از غلظت زیاد مواد غذایی (ازت و فسفر) در فاضلاب ورودی به تصفیه خانه می باشد. در خصوص رشد جلبک، مشکل حادی در تصفیه خانه مشاهده نشد و این فاکتور نیاز به بررسی بیشتر دارد.

۵- حباب ها: وجود حباب ها در حوض ته نشینی ناشی از نگهداری طولانی مدت لجن در حوض بوده و

جهت کنترل فرآیند و بهره برداری از تصفیه خانه فاضلاب به روش لجن فعال با اختلاط کامل از نوع هوادهی گسترده، علاوه بر بررسی فاکتورهای مؤثر در کارکرد این فرآیند، روش های پایش فرآیند و تکنیک های کنترل عملیات در تصفیه خانه مهم می باشد. در حال حاضر تصفیه خانه فاضلاب خلخال در فاز اول با دبی ورودی ۴۰-۵۰ لیتر در ثانیه با کارکرد ده دستگاه هواده، ۲۴ ساعته در حال کار می باشد. عدم راه اندازی حوضچه تغلیظ لجن و ناقص بودن فرآیند تصفیه باعث مصرف بیش از حد انرژی و کلر در خروجی تصفیه خانه (۱۵kg/d) شده است، لذا این مطالعه به منظور بهبود فرآیند تصفیه خانه فاضلاب خلخال در سال ۱۳۸۷ انجام گرفت.

مواد و روش ها

پژوهش از نوع مقطعی (*Cross-Sectional*) بوده و روش کار بر مبنای مشاهدات، نمونه برداری از قسمت های مختلف تصفیه خانه و اندازه گیری پارامترهای مورد نظر طبق روش های استاندارد بود. جهت پایش فرآیند از شاخص هایی مانند رنگ لجن، بو، کف، رشد جلبکی، حباب ها، کفاب اضافی، الگوهای جریان، تلاطم، BOD ، COD ، pH باردهی تصفیه خانه و کلر مورد نیاز جهت گندزدایی پساب استفاده گردید.

نتایج

۱- رنگ لجن: در مشاهدات انجام گرفته رنگ لجن های تولیدی در تصفیه خانه فاضلاب خلخال تیره و سیاه بود. با توجه به اینکه رنگ می تواند شاخصی از

بایستی میزان لجن برگشتی اضافه گردد. وجود حباب در اثر بی‌هوازی شدن لایه‌های پایینی لجن و تولید گازهای CH_4 ، CO_2 و H_2S می‌باشد. در بعضی از مشاهدات، وجود حباب‌هایی در حوض ته‌نشینی نشان از زیاد بودن ارتفاع پوشش لجن در حوض ته‌نشینی بوده و همراه بالا آمدن حباب، فلوک‌های بیولوژیکی نیز در سرریزها دیده می‌شد.

۶- کفاب اضافی: وجود لایه کفاب در سطح حوض ته‌نشینی را می‌توان ناشی از تزریق هوای اضافی به حوضچه هوادهی دانست. تزریق هوای اضافی به تشکیل حباب‌های هوا کمک کرده و بالا آمدن فلوک‌ها را سبب می‌شوند. اندازه‌گیری اکسیژن محلول و عدم تجاوز آن از دو میلی گرم در لیتر به این موضوع کمک می‌کند. در تصفیه خانه فاضلاب خلخال کفاب‌هایی در حوض هوادهی در بعضی از روزها دیده شده است.

۷- الگوهای جریان: منظور از الگوهای جریان، میان‌بر شدن جریان فاضلاب در حوضچه‌های هوادهی است. در نتیجه زمان ماند تامین نشده و بازده کار پایین می‌آید. بعضی اوقات (عدم کارکرد کامل هواده‌ها) در تصفیه خانه فاضلاب خلخال، جریان میان‌بر را می‌توان با مشاهده الگوهای جریان کف یا مواد شناور در حوضچه هوادهی مشاهده نمود. استفاده از بافل‌های مناسب این مسئله را حل می‌کند.

۸- تلاطم‌ها: یک حوضچه با اختلاط کامل بایستی دارای الگوهای یکنواخت تلاطم در سرتاسر حوضچه باشد. کافی نبودن هواده‌های سطحی و عدم استقرار هواده‌ها در جای مناسب و گرفتگی هواپخش‌ها، عامل اصلی تلاطم‌های غیر یکنواخت می‌باشد. در

تصفیه خانه فاضلاب خلخال در صورت کار نکردن بعضی از هواده‌ها این مشکل دیده می‌شد.

۹- BOD_5 : میزان BOD_5 ورودی به تصفیه خانه فاضلاب خلخال در مقاطع مختلف زمانی بین ۲۰۰ الی ۲۵۰ میلی گرم در لیتر بود. BOD_5 پساب خروجی در همان مقاطع زمانی بین ۳۰ الی ۵۰ میلی گرم در لیتر بود.

۱۰- COD : میزان این پارامتر در ورودی و خروجی تصفیه خانه به ترتیب در محدوده ۴۵۰-۳۰۰ و ۹۰-۵۰ میلی گرم در لیتر بود.

۱۱- کنترل pH در حوض هوادهی: pH اندازه‌گیری شده در حوض هوادهی تصفیه خانه فاضلاب در محدوده ۸-۷ قرار داشت.

۱۲- بار دهی‌های تصفیه خانه: منظور از بار دهی تصفیه خانه، آن مقدار از مواد آلی است که میکروارگانیسم‌ها بایستی آن را تجزیه کنند. دانستن SS و BOD_5 ورودی به تصفیه خانه در این امر لازم است. محدوده باردهی BOD_5 در تصفیه خانه فاضلاب خلخال در نمونه برداری‌های مختلف به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$BOD_5 \text{ باردهی} = \frac{220 - 250 \frac{g}{m^3} \times 2456 - 4320 \frac{m^3}{d}}{1000 \frac{g}{kg}} = 760 - 994 \frac{kg}{d}$$

این محدوده باردهی، کمتر از مبانی طراحی (۲۰۰۰ kg/d) تعیین می‌گردد.

۱۳- کلر مورد نیاز: میزان کلر لازم برای گندزدایی پساب در حدی است که کلر باقی مانده طبق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست باشد. این میزان باقیمانده برابر 10 mg/l (۱۰ میلی گرم وزن خشک کلر در یک لیتر آب) است. جهت محاسبه کلر مورد نیاز به صورت زیر عمل می شود:

$$= \text{کلر مورد نیاز جهت گندزدایی پساب } \left(\frac{\text{kg}}{\text{d}} \right) \\ \frac{\left(10 \cdot \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times \left(\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right)}{1000}$$

در تصفیه خانه خلخال پساب خروجی از حوض ته نشینی وارد اتاقک کلرزنی که شامل دو حوضچه کلرزنی است می گردد. این حوضچه ها به صورت سیکل ۹ ساعته کار می کنند و در هر نوبت کاری نیز $3-3/5$ کیلو گرم هیپوکلریت کلسیم به پساب تزریق می کنند. بررسی میزان کلر مورد نیاز در تصفیه خانه با توجه به تغییرات دبی ادامه دارد.

بحث و نتیجه گیری

هدف اولیه در تشخیص مشکلات تصفیه خانه، تشخیص علت یا علت هاست در بررسی های انجام گرفته، مهمترین مشکلات تصفیه خانه فاضلاب خلخال و راهکارهای حل آنها به شرح زیر می باشد:

۱- عدم کنترل نسبت $\frac{F}{M}$ در تصفیه خانه

به طور کلی این نسبت در تصفیه خانه خلخال بایستی کمتر از یک (۰/۱۵-۰/۰۵) باشد. کنترل $\frac{F}{M}$ نیاز به تعیین و کنترل MLVSS دارد (کنترل MLVSS نیاز به کنترل BODs ورودی، زمان ماند هیدرولیکی، میزان لجن دفعی و میزان لجن برگشتی دارد).

۲- عدم کنترل هواده ها

در طرح تصفیه خانه فاضلاب خلخال، جهت هوادهی از ده دستگاه هواده با قدرت $18/5$ کیلووات استفاده شده است. در حال حاضر ۶ دستگاه هواده به طور فعال جهت هوادهی کار کرده و به لحاظ بالا بودن شاخص SVI، این احتمال که هواده ها به طور منظم کار نکرده است وجود دارد. همچنین ایجاد رسوب در حوض های هوادهی از تبعات این امر گزارش می گردد.

Rising and Bulking Sludge -۳

منظور از *Bulking sludge* یا حجیم شدن لجن، حالتی است که لجن خوب فشرده نشده و لجن متراکم و سنگین تر شکل نمی گیرد تا بتواند در کف حوضچه ته نشینی، ته نشین و مایع روئی زلال تر گردد. پایین بودن DO محلول، کاهش pH، $\frac{F}{M}$ بالا، کمبود عناصر غذایی، شوک بار آلی، گرفتگی پخش ها، انتقال نامناسب اکسیژن، ورود فاضلاب صنعتی و وجود گیاهان از دلایل حجیم شدن لجن گزارش می گردد.

Rising Bulking یا بالا آمدن لجن، معمولاً با حبابهای گاز که از پوشش لجن کف حوضچه ته نشین تشکیل شده باشد همراه می باشد. این حباب های گاز روند شناوری لجن ته نشین شده را افزایش می دهد. پوشش زیاد لجن، بالا بودن $\frac{F}{M}$ ، پایین بودن MCRT، کمبود عناصر غذایی، شوک بار آلی، ورود فاضلاب صنعتی و وجود گیاهان باعث بالا آمدن لجن در حوض ته نشین می گردد.

Deflocculation -۴

پراکنش یعنی تولید ذرات ریز و شناور در حوضچه ته نشینی که منجر به تولید پساب کدر می گردد. علت

این پدیده پایین بود DO محلول، ماندگی لجن و بالا بودن $MCRT$ است.

۵- کار کرد نامنظم حوضچه تغلیظ لجن

جهت کاهش حجم لجن حجم آوری شده، از مخزن تغلیظ کننده لجن استفاده می گردد. لجن تغلیظ شده از طریق پمپ به مخزن نگهداری و خشک کردن لجن انتقال می یابد. لجناب حاصل از تغلیظ نیز از سطح مخزن جمع آوری شده و به ابتدای حوضهای هوادهی انتقال داده می شوند.

در حال حاضر، پمپاژ نامنظم لجن های ته نشین شده از حوض ته نشینی به حوضچه تغلیظ لجن از مهمترین مشکلات تصفیه خانه فاضلاب خلخال محسوب می گردد. عدم خروج سریع لجن از حوض ته نشینی باعث مصرف O_2 موجود در مخلوط لجن و فاضلاب گشته و باعث تخمیر لجن ته نشین شده می گردد و در نهایت شناور شدن آنها را در داخل حوض ته نشینی تسریع می نماید. همچنین این عمل باعث خروج فلاک ها و لجن ها از حوض ته نشینی پساب تصفیه شده می گردد.

پیشنهادهای

۱- کنترل منظم دبی ورودی به تصفیه خانه، BOD_5 , COD , TSS , pH , O_2 محلول، غلظت NH_3-N ، غلظت اورتو فسفات ها، $MLSS$, $\frac{F}{M}$ و $MLVSS$ و SVI

۲- کنترل مواد سمی یا بازدارنده از قبیل فلزات سنگین در لجن و پساب در صورت وجود مواد سمی، افزایش

لجن برگشتی، کاهش لجن دفعی و تنظیم هوادهای، راهکارهای موثر می باشد.

۳- کنترل دما در حوضچه های هوادهی از طریق کنترل زمان ماند و $MLVSS$ ، پایین بودن درجه حرارت را می توان با افزایش لجن برگشتی، کاهش لجن دفعی و افزایش میزان $MLSS$ کنترل نمود.

۴- کنترل روزانه pH در حوضچه های هوادهی، تغییرات pH با تنظیم فرآیندهای پیش تصفیه و یکنواخت سازی کنترل می گردد.

۵- کنترل پدیده های بالا آمدن و حجم شدن لجن در حوض ته نشینی ثانویه این دو پدیده از طریق کنترل بار آلی وارده به سیستم و کنترل میزان لجن برگشتی و دفعی قابل کنترل است.

۶- کنترل نسبت $\frac{BOD}{COD}$ جهت برآورد میزان بار آلی و تعیین نسبت $\frac{F}{M}$

۷- حفظ O_2 محلول در حوض هوادهی، حداقل به میزان ۲ میلی گرم در لیتر. جهت این کار می توان با کنترل هوادهی، تنظیم هوادهای، کنترل سمیت وارده به سیستم و یکنواخت سازی سیستم، O_2 را در حد مقبول در حوض هوادهی نگه داشت.

۸- حفظ $MLSS$ در حوض هوادهی در محدوده ۵۰۰۰-۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر

۹- کنترل روزانه SVI در حوض هوادهی جهت مشخص شدن خواص ته نشینی مایع مخلوط و مقایسه آن با ته نشینی لجن در حوض ته نشینی

منابع

- ۱- شرکت مهندسين مشاور نگين گستر اندیشه (نگا)؛
مطالعه توجیه فنی و اقتصادی بازیافت زباله های شهری
منطقه آذربایجان، ۱۳۸۲.
- ۲- شریعت، محمود و منوری، مسعود، مقدمه ای بر ارزیابی
اثرات زیست محیطی، انتشارات سازمان حفاظت محیط
زیست، ۱۳۷۵.
- ۳- قنبری، رخساره؛ ارزشیابی اقتصادی بازیافت مواد زائد
جامد شهر ارومیه و برآورد حجم حاصل از بازیافت، سازمان
مدیریت و برنامه ریزی استان آذربایجان غربی، ۱۳۸۱.
- ۴- منوری، مسعود؛ ارزیابی اثرات زیست محیطی، نشر میترا،
۱۳۸۴.
- 5- Bregman, J I., Environmental Impact
Statements, Second Edition, Lewis
Publishers, London, 1999.